

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

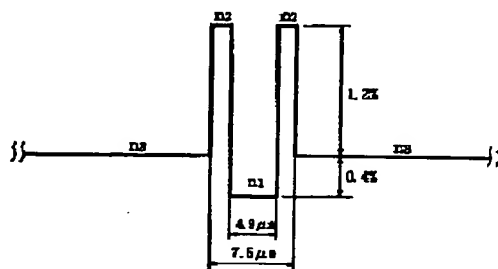
(11) Publication number: **11167038 A**(43) Date of publication of application: **22 . 06 . 99**

(51) Int. Cl.

**G02B 6/16**  
**G02B 6/22**
(21) Application number: **09335648**(22) Date of filing: **05 . 12 . 97**(71) Applicant: **SUMITOMO ELECTRIC IND LTD**(72) Inventor: **SASAKA HIDEYORI**  
**KATOU TAKATOSHI****(54) DISPERSED SHIFT OPTICAL FIBER****(57) Abstract:**

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To reduce loss due to a microbend and to reduce the generation of a nonlinear phenomenon by specifying the absolute value of wavelength dispersion in a specified wavelength to a specified value and specifying the value of a specified parameter to the specified value.

**SOLUTION:** In the dispersed shift optical fiber, the ring-like area of a refractive index  $n_2$  is provided around the center area of the refractive index  $n_1$  and the clad area of the refractive index  $n_3$  is provided around it. With the refractive index  $n_3$  of the clad area as a standard, the specific refractive index difference of the center area is  $-0.4\%$  and the specific refractive index difference of the ring-like area is  $+1.2\%$ . Relating to the dispersed shift optical fiber, at the wavelength  $1550\text{ nm}$ , the absolute value of the wavelength dispersion is  $\leq 5\text{ ps/nm/km}$ . Also, based on a mode field radius  $w_{01}$  and an effective cross section area  $A_{\text{eff}}$  defined by Petermann-I, the value of the parameter  $k_{01}$  defined by  $k_{01} = A_{\text{eff}} / (\pi \cdot w_{01}^2)$  is  $\geq 0.8$ .



COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(51) Int.Cl.<sup>9</sup>G 0 2 B 6/16  
6/22

識別記号

F I

G 0 2 B 6/16  
6/22

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号

特願平9-335648

(22) 出願日

平成9年(1997)12月5日

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72) 発明者 笹岡 英資

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電  
気工業株式会社横浜製作所内

(72) 発明者 加藤 考利

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電  
気工業株式会社横浜製作所内

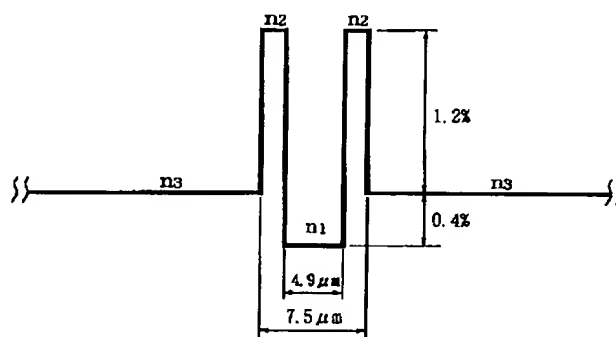
(74) 代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

## (54) 【発明の名称】 分散シフト光ファイバ

## (57) 【要約】

【課題】 マイクロベンズに依る損失が小さく且つ非線形現象の発生を低減することができる分散シフト光ファイバを提供する。

【解決手段】 屈折率  $n_1$  の中央領域の周囲に屈折率  $n_2$  のリング状領域が設けられ、更にその周囲に屈折率  $n_3$  のクラッド領域が設けられている。波長  $1.55 \mu\text{m}$  において、分散値が  $2.5 \text{ ps/nm/km}$  であり、分散スロープが  $0.085 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$  であり、実効断面積  $A_{\text{eff}}$  が  $80 \mu\text{m}^2$  であり、Petermann-I で定義されるモードフィールド半径  $w_{01}$  が  $5.5 \mu\text{m}$  であり、 $k_{01} = A_{\text{eff}} / (\pi \cdot w_{01}^2)$  なる式に基づいて得られるパラメータ  $k_{01}$  の値は  $0.84$  である。直径  $20 \text{ mm}$  のリールに巻き付けたときの損失増加は  $0.1 \text{ dB/m}$  であり、表面にサンドペーパーを取り付けた直径  $280 \text{ mm}$  のリールに巻き付けたときの損失増加は  $0.2 \text{ dB/km}$  である。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 波長1550nmにおいて、波長分散の絶対値が $5 \text{ ps/nm/km}$ 以下であり、Petermann-Iで定義されるモードフィールド半径 $w_{01}$ と実効断面積 $A_{\text{eff}}$ とに基づいて

$$k_{01} = A_{\text{eff}} / (\pi \cdot w_{01}^2)$$

なる式で定義されるパラメータ $k_{01}$ の値が0.8以上であることを特徴とする分散シフト光ファイバ。

【請求項2】 前記実効断面積 $A_{\text{eff}}$ が $70 \mu\text{m}^2$ 以上であることを特徴とする請求項1記載の分散シフト光ファイバ。

【請求項3】 前記波長分散の絶対値が $0.5 \text{ ps/nm/km}$ 以上であることを特徴とする請求項1記載の分散シフト光ファイバ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、WDM伝送等に用いられる分散シフト光ファイバに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】分散シフト光ファイバは、波長1.55 $\mu\text{m}$ 帯にゼロ分散波長を有する光ファイバであり、波長1.55 $\mu\text{m}$ 帯の多波長信号光を光伝送するWDM伝送等に好適に用いられる。分散シフト光ファイバは、多波長信号光を伝送するものであることから、大きな強度の光を伝送する際に生じる自己位相変調、相互位相変調および四光波混合などの非線形現象の発生を抑制して、信号光の歪みを低減することが要求されている。このような要求を満たすべく、特開平8-248251号公報に記載の技術は、光ファイバの実効断面積が $70 \mu\text{m}^2$ 以上となるような屈折率プロファイルとすることにより、その光ファイバにおける非線形現象の発生を抑制を図っている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】上記公報に記載の従来例では、光ファイバの光軸に垂直な断面における光強度分布または電磁界分布（以下では、単に「分布」と呼ぶ。）は光ファイバのコア中心において最大となっている。このような分布を保ったまま実効断面積を拡大するには、分布の裾野を拡げる必要があり、上記従来例では、中央セグメントの外側に他のセグメントを設けることにより分布の裾野を拡げている。

【0004】しかしながら、実効断面積を拡大するために分布の裾野を拡げると、同時にモードフィールド径も拡大される。そして、モードフィールド径が大きくなるとマイクロベンドに依る損失は増大することが知られている。すなわち、実効断面積を拡大すると、マイクロベンドに依る損失は増大する。したがって、非線形現象の発生を抑制する為に実効断面積を大きくした光ファイバは、光ケーブル製造時等において外力が加えられると損失が増加するという問題点がある。

【0005】本発明は、上記問題点を解消する為になされたものであり、マイクロベンドに依る損失が小さく且つ非線形現象の発生を低減することができる分散シフト光ファイバを提供することを目的とする。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】本発明に係る分散シフト光ファイバは、波長1550nmにおいて、波長分散の絶対値が $5 \text{ ps/nm/km}$ 以下であり、Petermann-Iで定義されるモードフィールド半径 $w_{01}$ と実効断面積 $A_{\text{eff}}$ とに基づいて

$$k_{01} = A_{\text{eff}} / (\pi \cdot w_{01}^2)$$

なる式で定義されるパラメータ $k_{01}$ の値が0.8以上であることを特徴とする。この分散シフト光ファイバによれば、モードフィールド径を小さい値に保ったまま実効断面積を拡大することができ、マイクロベンドに依る損失は小さく、非線形現象の発生は低減される。

【0007】また、本発明に係る分散シフト光ファイバでは、実効断面積 $A_{\text{eff}}$ が $70 \mu\text{m}^2$ 以上であることを特徴とする。この場合には、非線形現象の発生を抑制するのに好適である。

【0008】また、本発明に係る分散シフト光ファイバでは、波長分散の絶対値が $0.5 \text{ ps/nm/km}$ 以上であることを特徴とする。この場合には、非線形現象の1つである四光波混合の発生を抑制するのに好適である。

## 【0009】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。尚、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

【0010】本発明に係る分散シフト光ファイバは、波長1550nmにおいて、波長分散の絶対値が $5 \text{ ps/nm/km}$ 以下であり、Petermann-Iで定義されるモードフィールド半径 $w_{01}$ と実効断面積 $A_{\text{eff}}$ とに基づいて

## 【数1】

$$k_{01} = A_{\text{eff}} / (\pi \cdot w_{01}^2) \quad \dots(1)$$

なる式で定義されるパラメータ $k_{01}$ の値が0.8以上である。なお、Petermann-Iで定義されるモードフィールド半径 $w_{01}$ は、光ファイバの光軸からの距離 $\rho$ および電界分布 $E(\rho)$ に基づいて、

## 【数2】

$$w_{01}^2 = 2 \cdot \frac{\int_0^\infty E^2(\rho) \cdot \rho^2 \cdot \rho \cdot d\rho}{\int_0^\infty E^2(\rho) \cdot \rho \cdot d\rho} \quad \dots(2)$$

なる式で定義される。

【0011】このような構成としたことにより、この分散シフト光ファイバのモードフィールド径を小さい値に保ったまま実効断面積を拡大することができ、マイクロベンドに依る損失は小さく、非線形現象の発生は低減さ

れる。また、実効断面積  $A_{eff}$  が  $70 \mu m^2$  以上である場合には、非線形現象の発生を抑制するのに好適である。また、波長分散の絶対値が  $0.5 ps/nm/km$  以上である場合には、非線形現象の1つである四光波混合の発生を抑制するのに好適である。以下に3つの実施例について説明する。

【0012】まず、第1の実施例について説明する。図1は、第1の実施例に係る分散シフト光ファイバの屈折率プロファイル図である。

【0013】この分散シフト光ファイバは、屈折率  $n_1$  の中央領域の周囲に屈折率  $n_2$  のリング状領域が設けられ、更にその周囲に屈折率  $n_3$  のクラッド領域が設けられている。中央領域の外径は  $4.9 \mu m$  であり、リング状領域の外径は  $7.5 \mu m$  であり、クラッド領域の外径は  $12.5 \mu m$  である。各屈折率の大小関係は、

【数3】

$$n_1 < n_3 < n_2 \quad \dots(3)$$

であり、また、クラッド領域の屈折率  $n_3$  を基準として、中央領域の比屈折率差は  $-0.4\%$  であり、リング状領域の比屈折率差は  $+1.2\%$  である。

【0014】この分散シフト光ファイバの波長  $1.55 \mu m$  における諸特性は以下のとおりである。分散値は  $2.5 ps/nm/km$  であり、分散スロープは  $0.085 ps/nm^2/km$  であり、実効断面積  $A_{eff}$  は  $80 \mu m^2$  であり、Petermann-I で定義されるモードフィールド半径  $w_{01}$  は  $5.5 \mu m$  であった。そして、上記(1)式に基づいて得られるパラメータ  $k_{01}$  の値は  $0.84$  であった。なお、この分散シフト光ファイバと同等の分散値および実効断面積を有する従来の光ファイバにおいて、Petermann-I で定義されるモードフィールド半径  $w_{01}$  の典型値は  $6.5 \mu m$  であり、パラメータ  $k_{01}$  の値は  $0.60$  である。

【0015】マクロベンドに依る損失増加を評価するため、直径  $20 mm$  のリールに分散シフト光ファイバを巻き付けて波長  $1.55 \mu m$  における損失を評価した。その結果、この分散シフト光ファイバの損失増加は  $0.1 dB/m$  であったのに対して、従来の光ファイバの損失増加は  $2.0 dB/m$  であった。すなわち、本実施例に係る分散シフト光ファイバは、マクロベンドに依る損失増加が低減されていることが確認された。

【0016】また、マイクロベンドに依る損失増加を評価するため、表面にサンドペーパーを取り付けた直径  $280 mm$  のリールに分散シフト光ファイバを巻き付けて、巻き付けの前および後それぞれで波長  $1.55 \mu m$  における損失を評価した。その結果、この分散シフト光ファイバの損失増加は  $0.2 dB/km$  であったのに対して、従来の光ファイバの損失増加は  $11.2 dB/km$  であった。すなわち、本実施例に係る分散シフト光ファイバは、マイクロベンドに依る損失増加も大幅に低減されていることが確認された。

【0017】次に、第2の実施例について説明する。図2は、第2の実施例に係る分散シフト光ファイバの屈折率プロファイル図である。

【0018】この分散シフト光ファイバは、屈折率  $n_1$  の中央領域の周囲に順に、屈折率  $n_2$  のリング状領域、屈折率  $n_3$  のディプレストクラッド領域、および、屈折率  $n_4$  のクラッド領域が設けられている。中央領域の外径は  $5.4 \mu m$  であり、リング状領域の外径は  $9.0 \mu m$  であり、ディプレストクラッド領域の外径は  $18.0 \mu m$  であり、クラッド領域の外径は  $12.5 \mu m$  である。各屈折率の大小関係は、

【数4】

$$n_1 = n_3 < n_4 < n_2 \quad \dots(4)$$

であり、また、クラッド領域の屈折率  $n_4$  を基準として、中央領域およびディプレストクラッド領域それぞれの比屈折率差は  $-0.4\%$  であり、リング状領域の比屈折率差は  $+1.1\%$  である。

【0019】この分散シフト光ファイバの波長  $1.55 \mu m$  における諸特性は以下のとおりである。分散値は  $2.3 ps/nm/km$  であり、分散スロープは  $0.076 ps/nm^2/km$  であり、実効断面積  $A_{eff}$  は  $80 \mu m^2$  であり、Petermann-I で定義されるモードフィールド半径  $w_{01}$  は  $5.4 \mu m$  であった。そして、上記(1)式に基づいて得られるパラメータ  $k_{01}$  の値は  $0.87$  であった。

【0020】マクロベンドに依る損失増加を評価するため、直径  $20 mm$  のリールに分散シフト光ファイバを巻き付けて波長  $1.55 \mu m$  における損失を評価した。その結果、この分散シフト光ファイバの損失増加は  $0.02 dB/m$  であり、本実施例に係る分散シフト光ファイバは、マクロベンドに依る損失増加が低減されていることが確認された。

【0021】また、マイクロベンドに依る損失増加を評価するため、表面にサンドペーパーを取り付けた直径  $280 mm$  のリールに分散シフト光ファイバを巻き付けて、巻き付けの前および後それぞれで波長  $1.55 \mu m$  における損失を評価した。その結果、この分散シフト光ファイバの損失増加は  $0.1 dB/km$  であり、本実施例に係る分散シフト光ファイバは、マイクロベンドに依る損失増加も大幅に低減されていることが確認された。

【0022】次に、第3の実施例について説明する。図3は、第3の実施例に係る分散シフト光ファイバの屈折率プロファイル図である。

【0023】この分散シフト光ファイバは、屈折率  $n_1$  の中央領域の周囲に順に、屈折率  $n_2$  の第1リング状領域、屈折率  $n_3$  のディプレストクラッド領域、屈折率  $n_4$  の第2リング状領域、および、屈折率  $n_5$  のクラッド領域が設けられている。中央領域の外径は  $4.6 \mu m$  であり、第1リング状領域の外径は  $8.9 \mu m$  であり、ディプレストクラッド領域の外径は  $13.4 \mu m$  であり、

第2リング状領域の外径は $17.8\mu\text{m}$ であり、クラッド領域の外径は $125\mu\text{m}$ である。各屈折率の大小関係は、

【数5】

$$n_1 = n_3 < n_5 < n_4 < n_2 \quad \cdots(5)$$

であり、また、クラッド領域の屈折率 $n_5$ を基準として、中央領域およびディプレストクラッド領域それぞれの比屈折率差は $-0.4\%$ であり、第1リング状領域の比屈折率差は $+0.78\%$ であり、第2リング状領域の比屈折率差は $+0.30\%$ である。

【0024】この分散シフト光ファイバの波長 $1.55\mu\text{m}$ における諸特性は以下のとおりである。分散値は $2.3\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ であり、分散スロープは $0.076\text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$ であり、実効断面積 $A_{\text{eff}}$ は $100\mu\text{m}^2$ であり、Petermann-Iで定義されるモードフィールド半径 $w_{01}$ は $6.1\mu\text{m}$ であった。そして、上記(1)式に基づいて得られるパラメータ $k_{01}$ の値は $0.8$ であった。

【0025】マクロベンドに依る損失増加を評価するため、直径 $20\text{mm}$ のリールに分散シフト光ファイバを巻き付けて波長 $1.55\mu\text{m}$ における損失を評価した。その結果、この分散シフト光ファイバの損失増加は $0.5\text{dB}/\text{m}$ であり、本実施例に係る分散シフト光ファイバは、実効断面積 $A_{\text{eff}}$ が $100\mu\text{m}^2$ と大きいにも拘わらずマクロベンドに依る損失増加が低減されていることが確認された。

【0026】また、マイクロベンドに依る損失増加を評価した結果、この分散シフト光ファイバの損失増加は $0.8\text{dB}/\text{km}$ であり、本実施例に係る分散シフト光ファイバは、実効断面積 $A_{\text{eff}}$ が $100\mu\text{m}^2$ と大きいにも拘わらずマイクロベンドに依る損失増加が実用上問題の無いレベルにまで低減されていることが確認された。

【0027】次に、マイクロベンドに依る損失増加量とパラメータ $k_{01}$ の値との関係について説明する。図4は、実効断面積が $80\mu\text{m}^2$ である分散シフト光ファイバにおけるマイクロベンドに依る損失増加量とパラメータ $k_{01}$ の値との関係を示すグラフである。マイクロベンドに依る損失増加は、表面にサンドペーパーを取り付けた直径 $280\text{mm}$ のリールに分散シフト光ファイバを巻き付けて、巻き付けの前および後それぞれで波長 $1.55\mu\text{m}$ における損失を評価した。

\*【0028】このグラフから判るように、パラメータ $k_{01}$ の値が大きいほど、マイクロベンドに依る損失増加量は低減される。一方、分散シフト光ファイバが使用されるケーブル形態においては、マイクロベンドに依る損失増加量が $1\text{dB}/\text{km}$ 以下であれば、ケーブル化工程およびケーブル信頼性評価試験において有意の損失増加は認められない。以上より、ケーブル状態における特性を維持する為には、パラメータ $k_{01}$ の値は $0.8$ 以上であることが必要であることが判る。

10 【0029】本発明は、上記実施形態に限定されるものではなく種々の変形が可能である。例えば、図1～図3それぞれに示した屈折率プロファイルは例示であって、本発明に係る分散シフト光ファイバを実現するための屈折率プロファイルは他にも種々の態様のものがあり得る。

【0030】

【発明の効果】以上、詳細に説明したとおり、本発明によれば、波長 $1550\text{nm}$ において、波長分散の絶対値が $5\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ 以下であり、Petermann-Iで定義されるモードフィールド半径 $w_{01}$ と実効断面積 $A_{\text{eff}}$ とに基づいて

$$k_{01} = A_{\text{eff}} / (\pi \cdot w_{01}^2)$$

なる式で定義されるパラメータ $k_{01}$ の値が $0.8$ 以上であることを特徴としたので、モードフィールド径を小さい値に保ったまま実効断面積を拡大することができ、マイクロベンドに依る損失は小さく、非線形現象の発生は低減される。

30 【0031】また、実効断面積 $A_{\text{eff}}$ が $70\mu\text{m}^2$ 以上である場合には、非線形現象の発生は有効に抑制される。また、波長分散の絶対値が $0.5\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ 以上である場合には、非線形現象の1つである四光波混合の発生は有効に抑制される。

【図面の簡単な説明】

【図1】第1の実施例に係る分散シフト光ファイバの屈折率プロファイル図である。

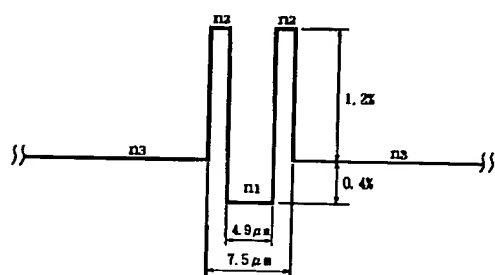
【図2】第2の実施例に係る分散シフト光ファイバの屈折率プロファイル図である。

【図3】第3の実施例に係る分散シフト光ファイバの屈折率プロファイル図である。

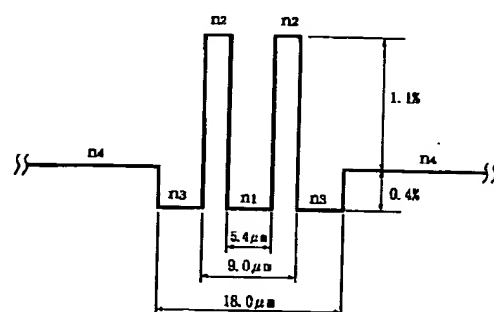
40 【図4】実効断面積が $80\mu\text{m}^2$ である分散シフト光ファイバにおけるマイクロベンドに依る損失増加量とパラメータ $k_{01}$ の値との関係を示すグラフである。

\*

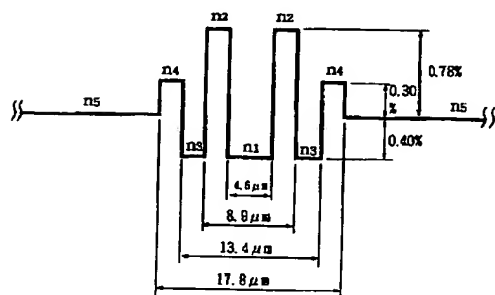
【図 1】



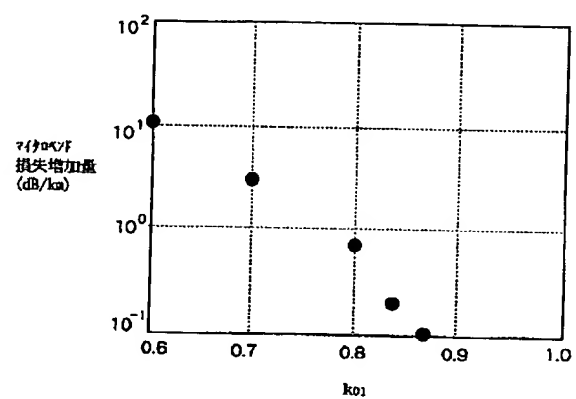
【図 2】



【図 3】



【図 4】



**MACHINE-ASSISTED TRANSLATION (MAT):**

(19) 【発行国】 日本国特許庁 ( J P )	(19)[ISSUING COUNTRY] Japan Patent Office (JP)
(12) 【公報種別】 公開特許公報 ( A )	(12)[GAZETTE CATEGORY] Laid-open Kokai Patent (A)
(11) 【公開番号】 特開平 1 1 - 1 6 7 0 3 8	(11)[KOKAI NUMBER] Unexamined Japanese Patent (1999-167038) Heisei 11-167038
(43) 【公開日】 平成 1 1 年 ( 1 9 9 9 ) 6 月 2 2 日	(43)[DATE OF FIRST PUBLICATION] (1999.6.22)
(54) 【発明の名称】 分散シフト光ファイバ	(54)[TITLE of the Invention] Dispersion-shift optical fiber
(51) 【国際特許分類第 6 版】 G02B 6/16 6/22	(51)[IPC Int. Cl. 6] G02B 6/16 6/22
【 F I 】 G02B 6/16 6/22	[FI] G02B 6/16 6/22
【審査請求】 未請求	[REQUEST FOR EXAMINATION] No
【請求項の数】 3	[NUMBER OF CLAIMS] 3
【出願形態】 O L	[FORM of APPLICATION] Electronic
【全頁数】 5	[NUMBER OF PAGES] 5

(21) 【出願番号】

特願平 9 - 3 3 5 6 4 8

(21)[APPLICATION NUMBER]

Japanese Patent Application (1997-335648)

Heisei 9-335648

(22) 【出願日】

平成 9 年 ( 1 9 9 7 ) 1 2 月 5

日

(22)[DATE OF FILING]

(1997.12.5)

(71) 【出願人】

(71)[PATENTEE/ASSIGNEE]

【識別番号】

0 0 0 0 0 2 1 3 0

[ID CODE]

000002130

【氏名又は名称】

住友電気工業株式会社

[NAME OR APPELLATION]

Sumitomo Electric Industries K.K.

【住所又は居所】

大阪府大阪市中央区北浜四丁目  
5 番 3 3 号

[ADDRESS or DOMICILE]

(72) 【発明者】

(72)[INVENTOR]

【氏名】

笹岡 英資

[NAME OR APPELLATION]

Hidemoto Sasaoka

【住所又は居所】

神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番  
地 住友電気工業株式会社横浜  
製作所内

[ADDRESS or DOMICILE]

(72) 【発明者】

(72)[INVENTOR]



## 【氏名】

加藤 考利

## [NAME OR APPELLATION]

Narutoshi Kato      Narutoshi

## 【住所又は居所】

神奈川県横浜市栄区田谷町 1 番  
地 住友電気工業株式会社横浜  
製作所内

## [ADDRESS or DOMICILE]

## (74) 【代理人】

## (74)[AGENT]

## 【弁理士】

## [PATENT ATTORNEY]

## 【氏名又は名称】

長谷川 芳樹 (外 3 名)

## [NAME OR APPELLATION]

Yoshiki Hasegawa      Yoshiki      (et al.)

## (57) 【要約】

## (57)[ABSTRACT of the Disclosure]

## 【課題】

マイクロバンドに依る損失が小さく且つ非線形現象の発生を低減することができる分散シフト光ファイバを提供する。

## [SUBJECT of the Invention]

The loss which depends on a microbend provides the dispersion-shift optical fiber which can reduce the production of a nonlinear phenomenon small.

## 【解決手段】

屈折率  $n_1$  の中央領域の周囲に屈折率  $n_2$  のリング状領域が設けられ、更にその周囲に屈折率  $n_3$  のクラッド領域が設けられている。波長  $1.55 \mu\text{m}$  において、分散値が  $2.5 \text{ ps} / \text{nm} / \text{km}$  であり、分散スロープが  $0.085 \text{ ps} / \text{nm}^2 / \text{km}$  であり、実効断面積  $A_{\text{eff}}$  が

## [PROBLEM to be solved]

The ring-shape range of a refractive index  $n_2$  is established in the perimeter of the center range of a refractive index  $n_1$ , furthermore, the clad range of a refractive index  $n_3$  is established in the perimeter.In the wavelength of  $1.55 \text{ micrometer}$ , dispersion value is  $2.5 \text{ ps(es)/nm/km}$ .Dispersion slopes are  $0.085 \text{ ps/nm}^2 / \text{km}$ .The effective cross section  $A_{\text{eff}}$  is  $80$

80  $\mu\text{m}^2$  であり、Petermann-

I で定義されるモードフィールド半径  $w_{01}$  が 5.5  $\mu\text{m}$  であり、

$k_{01} = A_{\text{eff}} / (\pi \cdot w_{01}^2)$  なる式に基づいて得られるパラメータ

$k_{01}$  の値は 0.84 である。直径 20 mm のリールに巻き付けたときの損失増加は 0.1 dB/m であり、表面にサンドペーパーを取り付けた直径 280 mm のリールに巻き付けたときの損失増加は 0.2 dB/km である。

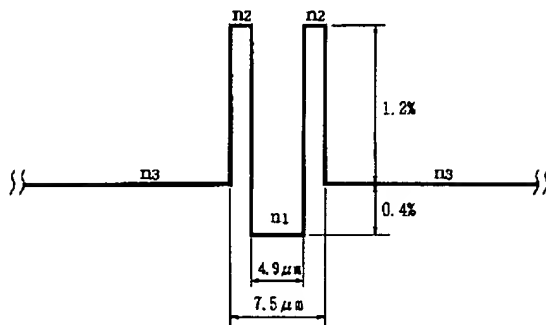
micrometer<sup>2</sup>.

Mode field radius  $w_{01}$  defined by Petermann-I is 5.5 micrometer.

The value of parameter  $k_{01}$  obtained by being based on the formula which becomes  $k_{01} = A_{\text{eff}} / (\pi \cdot w_{01}^2)$  is 0.84.

The increases in loss when winding around the reel of diameter 20 mm are 0.1 dB/m.

The increase in loss when winding around the reel of diameter 280 mm which attached the sand paper to the surface is 0.2 dB/km.



# 【特許請求の範囲】

# [CLAIMS]

## 【請求項 1】

波長 1550 nm において、波長分散の絶対値が 5 ps/nm/km 以下であり、Petermann-I で定義されるモードフィールド半径  $w_{01}$  と実効断面積  $A_{\text{eff}}$  とに基づいて

$$k_{01} = A_{\text{eff}} / (\pi \cdot w_{01}^2)$$

## [CLAIM 1]

A dispersion-shift optical fiber wherein, in wavelength 1550 nm, the absolute value of a wavelength dispersion is less than 5ps/nm/km, and based on mode field radius  $w_{01}$  and effective cross section  $A_{\text{eff}}$  defined by Petermann-I, the value of parameter  $k_{01}$  defined by the formula which becomes

なる式で定義されるパラメータ  $k_{01} = A_{eff} / ((\pi) * w_{01}^2)$  is 0.8 or more.  
 $k_{01}$  の値が 0.8 以上であるこ  
 とを特徴とする分散シフト光フ  
 ァイバ。

**【請求項 2】**

前記実効断面積  $A_{eff}$  が  $70 \mu m^2$  以上であることを特徴とす  
 る請求項 1 記載の分散シフト光  
 ファイバ。

**[CLAIM 2]**

The dispersion-shift optical fiber of Claim 1  
 wherein said effective cross section  $A_{eff}$  is 70  
 micrometer<sup>2</sup> or more.

**【請求項 3】**

前記波長分散の絶対値が  $0.5 ps / nm / km$  以上であるこ  
 とを特徴とする請求項 1 記載の  
 分散シフト光ファイバ。

**[CLAIM 3]**

The dispersion-shift optical fiber of Claim 1  
 wherein the absolute value of said wavelength  
 dispersion is more than 0.5ps/nm/km.

**【発明の詳細な説明】****[DETAILED DESCRIPTION of the INVENTION]****【0001】****[0001]****【発明の属する技術分野】**

本発明は、WDM伝送等に用い  
 られる分散シフト光ファイバに  
 関するものである。

**[TECHNICAL FIELD of the Invention]**

This invention relates to the dispersion-shift  
 optical fiber used for a WDM transmission etc.

**【0002】****[0002]****【従来の技術】**

分散シフト光ファイバは、波長  
 $1.55 \mu m$  帯にゼロ分散波長  
 を有する光ファイバであり、波

**[PRIOR ART]**

A dispersion-shift optical fiber is an optical fiber  
 which has a zero dispersion wavelength on  
 wavelength the band of 1.55 micrometer.

長 1.55  $\mu\text{m}$  帯の多波長信号光を光伝送する WDM 伝送等に好適に用いられる。分散シフト光ファイバは、多波長信号光を伝送するものであることから、大きな強度の光を伝送する際に生じる自己位相変調、相互位相変調および四光波混合などの非線形現象の発生を抑制して、信号光の歪みを低減することが要求されている。このような要求を満たすべく、特開平 8-248251 号公報に記載の技術は、光ファイバの実効断面積が  $70 \mu\text{m}^2$  以上となるような屈折率プロファイルとすることにより、その光ファイバにおける非線形現象の発生を抑制を図っている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】  
上記公報に記載の従来例では、光ファイバの光軸に垂直な断面における光強度分布または電磁界分布（以下では、単に「分布」と呼ぶ。）は光ファイバのコア中心において最大となっている。このような分布を保ったまま実効断面積を拡大するには、分布の裾野を拡げる必要があり、上記従来例では、中央セグメント

The multiple-wavelength signal light of a wavelength the band of 1.55 micrometer is used suitable for the light-transmitting WDM transmission to carry out.

A dispersion-shift optical fiber suppresses the production of nonlinear phenomena, such as self-phase modulation produced from it being what transmits a multiple-wavelength signal light when transmitting the light of big strength, a mutual phase modulation, and four-wave mixing, it is required that the distortion of a signal light should be reduced.

For the technique of Unexamined-Japanese-Patent No. 8-248251, the effective cross section of an optical fiber is  $70 \mu\text{m}^2$  in order to fill such request. Suppression of a production of the nonlinear phenomenon in the optical fiber is aimed at by considering as a refractive-index profile which becomes the above.

[0003]

**[PROBLEM to be solved by the Invention]**

The distribution of light intensity or the electromagnetic-field distribution (below, it is only called "a distribution".) perpendicular to the axis of lens of an optical fiber in a prior art example given in the above-mentioned gazette which can be set cross-sectional

This serves as the maximum at the core center of an optical fiber.

In order to enlarge an effective cross section, with such a distribution maintained, it is necessary to extend the field of a distribution.

の外側に他のセグメントを設けることにより分布の裾野を拡げている。

In the above-mentioned prior art example, the field of a distribution is extended by preparing another segment in the outer side of a center segment.

**【0004】**

しかしながら、実効断面積を拡大するために分布の裾野を拡げると、同時にモードフィールド径も拡大される。そして、モードフィールド径が大きくなるとマイクロベンドに依る損失は増大することが知られている。すなわち、実効断面積を拡大すると、マイクロベンドに依る損失は増大する。したがって、非線形現象の発生を抑制する為に実効断面積を大きくした光ファイバは、光ケーブル製造時等において外力が加えられると損失が増加するという問題点がある。

**[0004]**

However, if the field of a distribution is extended in order to enlarge an effective cross section, the diameter of a mode field will also be enlarged simultaneously.

And if the diameter of a mode field becomes bigger, it is known that the loss which depends on a microbend will increase.

That is, enlargement of an effective cross section increases the loss which depends on a microbend.

Therefore, the optical fiber which enlarged the effective cross section in order to suppress the production of a nonlinear phenomenon has the trouble that loss increases, when external force is applied in the time of optical-fiber-cable manufacture etc.

**【0005】**

本発明は、上記問題点を解消する為になされたものであり、マイクロベンドに依る損失が小さく且つ非線形現象の発生を低減することができる分散シフト光ファイバを提供することを目的とする。

**[0005]**

This invention was made in order to cancel the above-mentioned trouble.

The loss which depends on a microbend aims at providing the dispersion-shift optical fiber which can reduce the production of a nonlinear phenomenon small.

**【0006】****[0006]**

**【課題を解決するための手段】**

**[MEANS to solve the Problem]**

本発明に係る分散シフト光ファイバは、波長 1550 nm において、波長分散の絶対値が  $5 \text{ ps/nm/km}$  以下であり、Petermann-I で定義されるモードフィールド半径  $w_{01}$  と実効断面積  $A_{\text{eff}}$  とに基づいて

$$k_{01} = A_{\text{eff}} / (\pi \cdot w_{01}^2)$$

なる式で定義されるパラメータ  $k_{01}$  の値が 0.8 以上であることを特徴とする。この分散シフト光ファイバによれば、モードフィールド径を小さい値に保ったまま実効断面積を拡大することができ、マイクロベンドに依る損失は小さく、非線形現象の発生は低減される。

#### 【0007】

また、本発明に係る分散シフト光ファイバでは、実効断面積  $A_{\text{eff}}$  が  $70 \mu\text{m}^2$  以上であることを特徴とする。この場合には、非線形現象の発生を抑制するのに好適である。

#### 【0008】

また、本発明に係る分散シフト光ファイバでは、波長分散の絶対値が  $0.5 \text{ ps/nm/km}$  以上であることを特徴とする。この場合には、非線形現象の 1 つである四光波混合の発生を抑制するのに好適である。

The dispersion-shift optical fiber based on this invention is set to wavelength 1550 nm, the absolute value of a wavelength dispersion is less than  $5 \text{ ps/nm/km}$ .

Be based on mode field radius  $w_{01}$  and the effective cross section  $A_{\text{eff}}$  which are defined by Petermann-I.

$$K_{01} = A_{\text{eff}} / (\pi \cdot w_{01}^2)$$

The value of parameter  $k_{01}$  defined by the becoming formula is 0.8 or more.

It is characterized by the above-mentioned.

According to this dispersion-shift optical fiber, an effective cross section can be enlarged maintaining the diameter of a mode field at a small value, the loss which depends on a microbend is small and the production of a nonlinear phenomenon is reduced.

#### [0007]

Moreover, at the dispersion-shift optical fiber based on this invention, the effective cross section  $A_{\text{eff}}$  is  $70 \mu\text{m}^2$  or more.

It is characterized by the above-mentioned.

In this case, it is suitable to suppress the production of a nonlinear phenomenon.

#### [0008]

Moreover, in the dispersion-shift optical fiber based on this invention, the absolute value of a wavelength dispersion is more than  $0.5 \text{ ps/nm/km}$ .

It is characterized by the above-mentioned.

In this case, it is suitable to suppress the production of the four-wave mixing which is one of the nonlinear phenomena.

【 0 0 0 9 】

[0009]

## 【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照して本発明の実施の形態を詳細に説明する。尚、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。

## [EMBODIMENT of the Invention]

Hereafter, with reference to an accompanying drawing, Embodiment of this invention is demonstrated in detail.

In addition, in explanation of drawing, the same code is attached to the same component, the overlapping explanation is omitted.

【 0 0 1 0 】

本発明に係る分散シフト光ファイバは、波長 1 5 5 0 nm において、波長分散の絶対値が  $5 \text{ ps} / \text{nm} / \text{km}$  以下であり、Petermann-I で定義されるモードフィールド半径  $w_{01}$  と実効断面積  $A_{\text{eff}}$  とに基づいて

〔数 1〕

[0010]

The dispersion-shift optical fiber based on this invention is set to wavelength 1550 nm, the absolute value of wavelength dispersion is less than  $5 \text{ ps} / \text{nm} / \text{km}$ .

Based on mode field radius  $w_{01}$  and the effective cross section  $A_{\text{eff}}$  which are defined by Petermann-I, [EQUATION 1]

$$k_{01} = A_{\text{eff}} / (\pi \cdot w_{01}^2) \quad \dots(1)$$

なる式で定義されるパラメータ  $k_{01}$  の値が 0.8 以上である。なお、Petermann-I で定義されるモードフィールド半径  $w_{01}$  は、光ファイバの光軸からの距離  $\rho$  および電界分布  $E(\rho)$  に基づいて、

The value of parameter  $k_{01}$  defined by the becoming formula is 0.8 or more.

In addition, mode field radius  $w_{01}$  defined by Petermann-I is based on the distance ( $\rho$ ) from the axis of lens of an optical fiber, and the electrical-field distribution  $E(\rho)$ , [EQUATION 2]

【数 2】

$$w_{01}^2 = 2 \cdot \frac{\int_0^\infty E^2(\rho) \cdot \rho^2 \cdot \rho \cdot d\rho}{\int_0^\infty E^2(\rho) \cdot \rho \cdot d\rho} \quad \dots(2)$$

なる式で定義される。

It defines as the becoming formula.

### 【0011】

このような構成としたことにより、この分散シフト光ファイバのモードフィールド径を小さい値に保ったまま実効断面積を拡大することができ、マイクロベンドに依る損失は小さく、非線形現象の発生は低減される。また、実効断面積  $A_{eff}$  が  $70 \mu m^2$  以上である場合には、非線形現象の発生を抑制するのに好適である。また、波長分散の絶対値が  $0.5 ps/nm/km$  以上である場合には、非線形現象の1つである四光波混合の発生を抑制するのに好適である。以下に3つの実施例について説明する。

### [0011]

By having considered as such composition, an effective cross section can be enlarged maintaining the diameter of a mode field of this dispersion-shift optical fiber at a small value, the loss which depends on a microbend is small and the production of a nonlinear phenomenon is reduced.

Moreover, the effective cross section  $A_{eff}$  is  $70 \mu m^2$ . It is suitable to suppress the production of a nonlinear phenomenon when it is above.

Moreover, it is suitable to suppress the production of the four-wave mixing which is one of the nonlinear phenomena when the absolute value of a wavelength dispersion is more than  $0.5 ps/nm/km$ .

Three Examples are demonstrated below.

### 【0012】

先ず、第1の実施例について説明する。図1は、第1の実施例に係る分散シフト光ファイバの屈折率プロファイル図である。

### [0012]

First, 1st Example is demonstrated.

FIG. 1 is the refractive-index profile figure of the dispersion-shift optical fiber based on 1st Example.

### 【0013】

この分散シフト光ファイバは、屈折率  $n_1$  の中央領域の周囲に

### [0013]

As for this dispersion-shift optical fiber, the ring-shape range of a refractive index  $n_2$  is



屈折率  $n_2$  のリング状領域が設けられ、更にその周囲に屈折率  $n_3$  のクラッド領域が設けられている。中央領域の外径は  $4.9 \mu\text{m}$  であり、リング状領域の外径は  $7.5 \mu\text{m}$  であり、クラッド領域の外径は  $125 \mu\text{m}$  である。各屈折率の大小関係は、〔数 3〕

established in the perimeter of the center range of a refractive index  $n_1$ , furthermore, the clad range of a refractive index  $n_3$  is established in the perimeter.

The outer diameter of a center range is 4.9 micrometer.

The outer diameter of a ring-shape range is 7.5 micrometer.

The outer diameter of a clad range is 125 micrometer.

The size relationship of each refractive index, [EQUATION 3]

$$n_1 < n_3 < n_2 \quad \dots(3)$$

であり、また、クラッド領域の屈折率  $n_3$  を基準として、中央領域の比屈折率差は  $-0.4\%$  であり、リング状領域の比屈折率差は  $+1.2\%$  である。

They are these.

Moreover, the relative refraction-index difference of a center range is  $-0.4\%$  on the basis of the refractive index  $n_3$  of a clad range.

The relative refraction-index difference of a ring-shape range is  $+1.2\%$ .

#### 【0014】

この分散シフト光ファイバの波長  $1.55 \mu\text{m}$  における諸特性は以下のとおりである。分散値は  $2.5 \text{ ps/nm/km}$  であり、分散スロープは  $0.085 \text{ ps/nm}^2/\text{km}$  であり、実効断面積  $A_{\text{eff}}$  は  $80 \mu\text{m}^2$  であり、Petermann-I で定義されるモードフィールド半径  $w_{01}$  は  $5.5 \mu\text{m}$  であった。そして、上記 (1) 式に基づいて得られる

#### [0014]

Many properties in the wavelength of 1.55 micrometer of this dispersion-shift optical fiber are as follows.

A dispersion value is 2.5 ps(es)/nm/km.

Dispersion slopes are 0.085ps/nm<sup>2</sup> / km.

The effective cross section  $A_{\text{eff}}$  is 80 micrometer<sup>2</sup>.

Mode field radius  $w_{01}$  defined by Petermann-I was 5.5 micrometer.

And the above The value of parameter  $k_{01}$  obtained by being based on (1) Formula was

パラメータ  $k_{01}$  の値は 0.84

であった。なお、この分散シフト光ファイバと同等の分散値および実効断面積を有する従来の光ファイバにおいて、Petermann-I で定義されるモードフィールド半径  $w_{01}$  の典型値は  $6.5 \mu\text{m}$  であり、パラメータ  $k_{01}$  の値は 0.60 である。

In addition, it sets to the conventional optical fiber which has a dispersion value equivalent to this dispersion-shift optical fiber, and an effective cross section, the type value of mode field radius  $w_{01}$  defined by Petermann-I am  $6.5 \mu\text{m}$ .

The value of parameter  $k_{01}$  is 0.60.

#### 【0015】

マクロベンドに依る損失増加を評価するため、直径 20 mm のリールに分散シフト光ファイバを巻き付けて波長  $1.55 \mu\text{m}$  における損失を評価した。その結果、この分散シフト光ファイバの損失増加は  $0.1 \text{ dB/m}$  であったのに対して、従来の光ファイバの損失増加は  $2.0 \text{ dB/m}$  であった。すなわち、本実施例に係る分散シフト光ファイバは、マクロベンドに依る損失増加が低減されていることが確認された。

#### [0015]

In order to evaluate the increase in loss which depends on a macro bend, the dispersion-shift optical fiber was wound around the reel of diameter 20 mm, and the loss in the wavelength of  $1.55 \mu\text{m}$  was evaluated.

Consequently, the increases in loss of the conventional optical fiber were  $2.0 \text{ dB/m}$  to the increases in loss of this dispersion-shift optical fiber having been  $0.1 \text{ dB/m}$ .

That is, it was checked that the increase in loss in which the dispersion-shift optical fiber based on this Example depends on a macro bend is reduced.

#### 【0016】

また、マイクロベンドに依る損失増加を評価するため、表面にサンドペーパーを取り付けた直径 280 mm のリールに分散シフト光ファイバを巻き付けて、巻き付けの前および後それぞれで波長  $1.55 \mu\text{m}$  における損失を評価した。その結果、この分散シフト光ファイバの損失増加

#### [0016]

Moreover, in order to evaluate the increase in loss which depends on a microbend, a dispersion-shift optical fiber is wound around the reel of diameter 280 mm which attached the sand paper to the surface, each evaluated the loss in the wavelength of  $1.55 \mu\text{m}$  before winding and the back.

Consequently, the increase in loss of the conventional optical fiber was  $11.2 \text{ dB/km}$  to the

は0.2 dB/kmであったのに対して、従来の光ファイバの損失増加は11.2 dB/kmであった。すなわち、本実施例に係る分散シフト光ファイバは、マイクロベンドに依る損失増加も大幅に低減されていることが確認された。

increase in loss of this dispersion-shift optical fiber having been 0.2 dB/km.

That is, it was checked that the increase in loss in which the dispersion-shift optical fiber based on this Example depends on a microbend is also reduced sharply.

#### 【0017】

次に、第2の実施例について説明する。図2は、第2の実施例に係る分散シフト光ファイバの屈折率プロファイル図である。

#### [0017]

Next, 2nd Example is demonstrated.

FIG. 2 is the refractive-index profile figure of the dispersion-shift optical fiber based on 2nd Example.

#### 【0018】

この分散シフト光ファイバは、屈折率 $n_1$ の中央領域の周囲に順に、屈折率 $n_2$ のリング状領域、屈折率 $n_3$ のディプレストクラッド領域、および、屈折率 $n_4$ のクラッド領域が設けられている。中央領域の外径は5.4  $\mu\text{m}$ であり、リング状領域の外径は9.0  $\mu\text{m}$ であり、ディプレストクラッド領域の外径は18.0  $\mu\text{m}$ であり、クラッド領域の外径は125  $\mu\text{m}$ である。各屈折率の大小関係は、  
[数4]

#### [0018]

As for this dispersion-shift optical fiber, the ring-shape range of a refractive index  $n_2$ , the di presto clad range of a refractive index  $n_3$ , and the clad range of a refractive index  $n_4$  are established in the perimeter of the center range of a refractive index  $n_1$  in order.

The outer diameter of a center range is 5.4 micrometer.

The outer diameter of a ring-shape range is 9.0 micrometer.

The outer diameter of a di presto clad range is 18.0 micrometer.

The outer diameter of a clad range is 125 micrometer.

The size relationship of each refractive index, [EQUATION 4]

$$n_1 = n_3 < n_4 < n_2 \quad \dots(4)$$

であり、また、クラッド領域の屈折率  $n_4$  を基準として、中央領域およびディプレストクラッド領域それぞれの比屈折率差は  $-0.4\%$  であり、リング状領域の比屈折率差は  $+1.1\%$  である。

They are these.

Moreover, the relative refraction-index difference of a center range and each di presto clad range is  $-0.4\%$  on the basis of the refractive index  $n_4$  of a clad range.

The relative refraction-index difference of a ring-shape range is  $+1.1\%$ .

#### 【0019】

この分散シフト光ファイバの波長  $1.55\mu\text{m}$  における諸特性は以下のとおりである。分散値は  $2.3\text{ps}/\text{nm}/\text{km}$  であり、分散スロープは  $0.076\text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$  であり、実効断面積  $A_{\text{eff}}$  は  $80\mu\text{m}^2$  であり、Petermann-I で定義されるモードフィールド半径  $w_{01}$  は  $5.4\mu\text{m}$  であった。そして、上記 (1) 式に基づいて得られるパラメータ  $k_{01}$  の値は  $0.87$  であった。

#### [0019]

Many properties in the wavelength of  $1.55\text{micrometer}$  of this dispersion-shift optical fiber are as follows.

A dispersion value is  $2.3\text{ps(es)}/\text{nm}/\text{km}$ .

Dispersion slopes are  $0.076\text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$ .

The effective cross section  $A_{\text{eff}}$  is  $80\text{micrometer}^2$ .

Mode field radius  $w_{01}$  defined by Petermann-I was  $5.4\text{micrometer}$ .

And the above The value of parameter  $k_{01}$  obtained by being based on (1) Formula was  $0.87$ .

#### 【0020】

マクロベンドに依る損失増加を評価するため、直径  $20\text{mm}$  のリールに分散シフト光ファイバを巻き付けて波長  $1.55\mu\text{m}$  における損失を評価した。その結果、この分散シフト光ファイバの損失増加は  $0.02\text{dB}/\text{m}$  であり、本実施例に係る分散シフト光ファイバは、マクロベンドに依る損失増加が低減されていることが確認された。

#### [0020]

In order to evaluate the increase in loss which depends on a macro bend, the dispersion-shift optical fiber was wound around the reel of diameter  $20\text{mm}$ , and the loss in the wavelength of  $1.55\text{micrometer}$  was evaluated.

Consequently, the increases in loss of this dispersion-shift optical fiber are  $0.02\text{dB}/\text{m}$ .

It was checked that the increase in loss in which the dispersion-shift optical fiber based on this Example depends on a macro bend is reduced.

## 【0021】

また、マイクロベンドに依る損失増加を評価するため、表面にサンドペーパーを取り付けた直径280mmのリールに分散シフト光ファイバを巻き付けて、巻き付けの前および後それぞれで波長1.55 $\mu$ mにおける損失を評価した。その結果、この分散シフト光ファイバの損失増加は0.1dB/kmであり、本実施例に係る分散シフト光ファイバは、マイクロベンドに依る損失増加も大幅に低減されていることが確認された。

## 【0022】

次に、第3の実施例について説明する。図3は、第3の実施例に係る分散シフト光ファイバの屈折率プロファイル図である。

## 【0023】

この分散シフト光ファイバは、屈折率 $n_1$ の中央領域の周囲に順に、屈折率 $n_2$ の第1リング状領域、屈折率 $n_3$ のディプレストクラッド領域、屈折率 $n_4$ の第2リング状領域、および、屈折率 $n_5$ のクラッド領域が設けられている。中央領域の外径は4.6 $\mu$ mであり、第1リング状領域の外径は8.9 $\mu$ mであり、ディプレストクラッド領域の外径は13.4 $\mu$ mであり、

## [0021]

Moreover, in order to evaluate the increase in loss which depends on a microbend, a dispersion-shift optical fiber is wound around the reel of diameter 280 mm which attached the sand paper to the surface, each evaluated the loss in the wavelength of 1.55 micrometer before winding and the back.

Consequently, the increase in loss of this dispersion-shift optical fiber is 0.1 dB/km.

It was checked that the increase in loss in which the dispersion-shift optical fiber based on this Example depends on a microbend is also reduced sharply.

## [0022]

Next, 3rd Example is demonstrated.

FIG. 3 is the refractive-index profile figure of the dispersion-shift optical fiber based on 3rd Example.

## [0023]

As for this dispersion-shift optical fiber, the 1st ring-shape range of a refractive index  $n_2$ , the di presto clad range of a refractive index  $n_3$ , the 2nd ring-shape range of a refractive index  $n_4$ , and the clad range of a refractive index  $n_5$  are established in the perimeter of the center range of a refractive index  $n_1$  in order.

The outer diameter of a center range is 4.6 micrometer.

The outer diameter of a 1st ring-shape range is 8.9 micrometer.

The outer diameter of a di presto clad range is

第2リング状領域の外径は13.4 micrometer.  
 7.  $8\ \mu\text{m}$ であり、クラッド領域の外径は125  $\mu\text{m}$ である。  
 各屈折率の大小関係は、  
 [数5]

The outer diameter of a 2nd ring-shape range is 17.8 micrometer.  
 The outer diameter of a clad range is 125 micrometer.  
 The size relationship of each refractive index,  
 [EQUATION 5]

$$n_1 = n_3 < n_5 < n_4 < n_2 \quad \dots(5)$$

であり、また、クラッド領域の  
 屈折率  $n_5$  を基準として、中央  
 領域およびディプレストクラッド  
 領域それぞれの比屈折率差は  
 $-0.4\%$ であり、第1リング  
 状領域の比屈折率差は $+0.78\%$   
 $8\%$ であり、第2リング状領域  
 の比屈折率差は $+0.30\%$ で  
 ある。

They are these.  
 Moreover, the relative refraction-index  
 difference of a center range and each di presto  
 clad range is  $-0.4\%$  on the basis of the  
 refractive index  $n_5$  of a clad range.  
 The relative refraction-index difference of a 1st  
 ring-shape range is  $+0.78\%$ .  
 The relative refraction-index difference of a 2nd  
 ring-shape range is  $+0.30\%$ .

#### 【0024】

この分散シフト光ファイバの波  
 長  $1.55\ \mu\text{m}$ における諸特性  
 は以下のとおりである。分散値  
 は  $2.3\ \text{ps}/\text{nm}/\text{km}$ であ  
 り、分散スロープは  $0.076\ \text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$ であり、実  
 効断面積  $A_{\text{eff}}$  は  $100\ \mu\text{m}^2$   
 であり、Petermann-Iで定義さ  
 れるモードフィールド半径  $w_{01}$   
 は  $6.1\ \mu\text{m}$ であった。そして、  
 上記(1)式に基づいて得られる  
 パラメータ  $k_{01}$  の値は  $0.85$   
 であった。

[0024]  
 Many properties in the wavelength of 1.55  
 micrometer of this dispersion-shift optical fiber  
 are as follows.  
 A dispersion value is  $2.3\ \text{ps(es)}/\text{nm}/\text{km}$ .  
 Dispersion slopes are  $0.076\ \text{ps}/\text{nm}^2/\text{km}$ .  
 The effective cross section  $A_{\text{eff}}$  is 100  
 micrometer<sup>2</sup>.  
 Mode field radius  $w_{01}$  defined by Petermann-I  
 was 6.1 micrometer.  
 And the value of parameter  $k_{01}$  obtained by  
 being based on said (1) type was 0.85.

## 【0025】

マクロベンドに依る損失増加を評価するため、直径20mmのリールに分散シフト光ファイバを巻き付けて波長 $1.55\mu\text{m}$ における損失を評価した。その結果、この分散シフト光ファイバの損失増加は $0.5\text{ dB/m}$ であり、本実施例に係る分散シフト光ファイバは、実効断面積 $A_{\text{eff}}$ が $100\mu\text{m}^2$ と大きいにも拘わらずマクロベンドに依る損失増加が低減されていることが確認された。

## [0025]

In order to evaluate the increase in loss which depends on a macro bend, the dispersion-shift optical fiber was wound around the reel of diameter 20 mm, and the loss in the wavelength of 1.55 micrometer was evaluated.

Consequently, the increases in loss of this dispersion-shift optical fiber are 0.5 dB/m.

As for the dispersion-shift optical fiber based on this Example, it was checked that the increase in loss to which it depends on a macro bend although the effective cross section  $A_{\text{eff}}$  is as large as 100 micrometer<sup>2</sup> is reduced.

## 【0026】

また、マイクロベンドに依る損失増加を評価した結果、この分散シフト光ファイバの損失増加は $0.8\text{ dB/km}$ であり、本実施例に係る分散シフト光ファイバは、実効断面積 $A_{\text{eff}}$ が $100\mu\text{m}^2$ と大きいにも拘わらずマイクロベンドに依る損失増加が実用上問題の無いレベルにまで低減されていることが確認された。

## [0026]

Moreover, the increase in loss which depends on a microbend was evaluated.

Consequently, the increase in loss of this dispersion-shift optical fiber is 0.8 dB/km.

As for the dispersion-shift optical fiber based on this Example, it was checked that the effective cross section  $A_{\text{eff}}$  is reduced by even the level in which the increase in loss to which it depends on a microbend in spite of being as large as 100 micrometer<sup>2</sup> does not have a problem practically.

## 【0027】

次に、マイクロベンドに依る損失増加量とパラメータ $k_{01}$ の値との関係について説明する。図4は、実効断面積が $80\mu\text{m}^2$ である分散シフト光ファイバにおけるマイクロベンドに依る損

## [0027]

Next, the relationship between the increase amount in loss which depends on a microbend, and the value of parameter  $k_{01}$  is demonstrated. FIG. 4 is a graph which shows the relationship between the increase amount in loss which depends on the microbend in the

失増加量とパラメータ  $k_{01}$  の値との関係を示すグラフである。マイクロベンドに依る損失増加は、表面にサンドペーパーを取り付けた直径 280 mm のリールに分散シフト光ファイバを巻き付けて、巻き付けの前および後それぞれで波長 1.55  $\mu\text{m}$  における損失を評価した。

**【0028】**

このグラフから判るように、パラメータ  $k_{01}$  の値が大きいほど、マイクロベンドに依る損失増加量は低減される。一方、分散シフト光ファイバが使用されるケーブル形態においては、マイクロベンドに依る損失増加量が 1 dB/km 以下であれば、ケーブル化工程およびケーブル信頼性評価試験において有意の損失増加は認められない。以上より、ケーブル状態における特性を維持する為には、パラメータ  $k_{01}$  の値は 0.8 以上であることが必要であることが判る。

**【0029】**

本発明は、上記実施形態に限定されるものではなく種々の変形が可能である。例えば、図 1 ～ 図 3 それぞれに示した屈折率プロファイルは例示であって、本発明に係る分散シフト光ファイバを実現するための屈折率プロファイルは他にも種々の態様の

dispersion-shift optical fiber whose effective cross section is 80 micrometer<sup>2</sup>, and the value of parameter  $k_{01}$ .

The increase in loss which depends on a microbend winds a dispersion-shift optical fiber around the reel of diameter 280 mm which attached the sand paper to the surface, each evaluated the loss in the wavelength of 1.55 micrometer before winding and the back.

**[0028]**

The increase amount in loss which depends on a microbend is reduced, so that this graph may show and the value of parameter  $k_{01}$  is large.

On the other hand, if the increase amount in loss which depends on a microbend is 1 dB/km or less in the cable form for which a dispersion-shift optical fiber is used, the significant increase in loss will not be accepted in a cable-ized process and a cable reliability-evaluation examination.

As mentioned above, in order to maintain the property in a cable state, the value of parameter  $k_{01}$  is understood that it is required to be 0.8 or more.

**[0029]**

This invention is not limited to above-mentioned Embodiment, and can perform various deformation.

For example, the refractive-index profile shown in each FIGS. 1-3 is an illustration, comprised such that the thing of an aspect with the refractive-index profile various otherwise for implementing the dispersion-shift optical fiber



ものが有り得る。

based on this invention is possible.

【0030】

[0030]

【発明の効果】

以上、詳細に説明したとおり、本発明によれば、波長1550 nmにおいて、波長分散の絶対値が5 ps/nm/km以下であり、Petermann-Iで定義されるモードフィールド半径 $w_{01}$ と実効断面積 $A_{eff}$ とに基づいて $k_{01} = A_{eff} / (\pi \cdot w_{01}^2)$ なる式で定義されるパラメータ $k_{01}$ の値が0.8以上であることを特徴としたので、モードフィールド径を小さい値に保ったまま実効断面積を拡大することができ、マイクロバンドに依る損失は小さく、非線形現象の発生は低減される。

[ADVANTAGE of the Invention]

As mentioned above, according to this invention, it sets to wavelength 1550 nm as demonstrated in detail, the absolute value of wavelength dispersion is less than 5ps/nm/km. Based on mode field radius  $w_{01}$  and the effective cross section  $A_{eff}$  which are defined by Petermann-I,

$$K_{01} = A_{eff} / ((\pi) \cdot w_{01}^2)$$

Since it was characterized by the value of parameter  $k_{01}$  defined by the becoming formula being 0.8 or more, an effective cross section can be enlarged maintaining the diameter of a mode field at a small value, the loss which depends on a microbend is small and the production of a nonlinear phenomenon is reduced.

【0031】

また、実効断面積 $A_{eff}$ が70  $\mu m^2$ 以上である場合には、非線形現象の発生は有効に抑制される。また、波長分散の絶対値が0.5 ps/nm/km以上である場合には、非線形現象の1つである四光波混合の発生は有効に抑制される。

[0031]

Moreover, the effective cross section  $A_{eff}$  is 70 micrometer<sup>2</sup>. When it is above, the production of a nonlinear phenomenon is suppressed effectively.

Moreover, when the absolute value of a wavelength dispersion is more than 0.5ps/nm/km, the production of the four-wave mixing which is one of the nonlinear phenomena is suppressed effectively.

【図面の簡単な説明】

[BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS]

【図 1】

第 1 の実施例に係る分散シフト光ファイバの屈折率プロファイル図である。

[FIG. 1]

It is the refractive-index profile figure of the dispersion-shift optical fiber based on 1st Example.

【図 2】

第 2 の実施例に係る分散シフト光ファイバの屈折率プロファイル図である。

[FIG. 2]

It is the refractive-index profile figure of the dispersion-shift optical fiber based on 2nd Example.

【図 3】

第 3 の実施例に係る分散シフト光ファイバの屈折率プロファイル図である。

[FIG. 3]

It is the refractive-index profile figure of the dispersion-shift optical fiber based on 3rd Example.

【図 4】

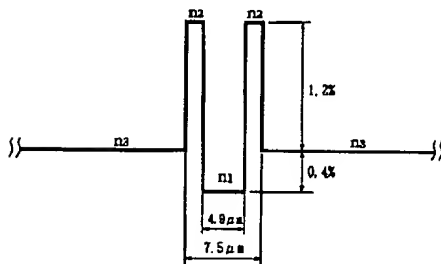
実効断面積が  $80 \mu\text{m}^2$  である分散シフト光ファイバにおけるマイクロベンドに依る損失増加量とパラメータ  $k_{01}$  の値との関係を示すグラフである。

[FIG. 4]

An effective cross section is the graph which shows the relationship between the increase amount in loss which depends on the microbend in the dispersion-shift optical fiber which is  $80 \mu\text{m}^2$ , and the value of parameter  $k_{01}$ .

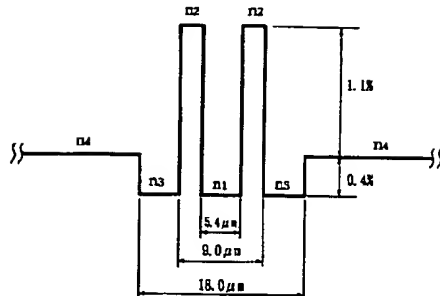
【図 1】

[FIG. 1]



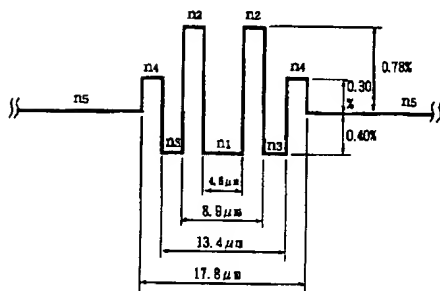
【図 2】

[FIG. 2]



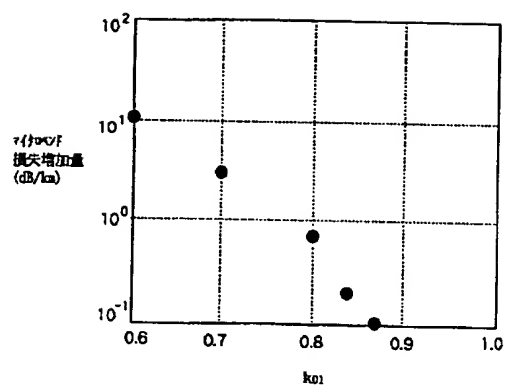
【図 3】

[FIG. 3]



【図 4】

[FIG. 4]



microbend

loss increase amount



## DERWENT TERMS AND CONDITIONS

*Derwent shall not in any circumstances be liable or responsible for the completeness or accuracy of any Derwent translation and will not be liable for any direct, indirect, consequential or economic loss or loss of profit resulting directly or indirectly from the use of any translation by any customer.*

Derwent Information Ltd. is part of The Thomson Corporation

Please visit our home page:

["WWW.DERWENT.CO.UK"](http://WWW.DERWENT.CO.UK) (English)

["WWW.DERWENT.CO.JP"](http://WWW.DERWENT.CO.JP) (Japanese)